

TADEUSZ RYCHLIK
Instytut Ekonomiki Rolnej
Warszawa

EFEKTYWNOŚĆ NAWOŻENIA W RÓŻNYCH WARUNKACH GLEBOWYCH

Część II¹

Obornik a nawożenie mineralne — siła nawozowa

W badaniach efektywności nawożenia, nawożenie obornikiem sprawia największe kłopoty i tu jest najwięcej umowności i dowolności. Trudności są różnorodne:

1. W ujęciu ilości zastosowanego nawozu. Przyjmuje się zwykle za podstawę tzw. sztuki obornikowe — pojęcie znane — nie trzeba go tu omawiać. Sztuki obornikowe świadczą jednak tylko o potencjalnych możliwościach produkcji obornika. Faktyczna ilość uzyskanego obornika będzie większa lub mniejsza zależnie od sposobu żywienia, rodzaju stanowisk, ilości ściółków itd. Te sprawy w każdym zaś gospodarstwie mogą przedstawiać się różnie. Waściwie więc na podstawie obsady zwierząt szacujemy tylko w przybliżeniu prawdopodobną ilość nawozu.

2. Niemniej trudną do ustalenia sprawą jest jakość obornika w sensie zawartości w nim mikroorganizmów, składników organicznych, mineralnych itp. oraz ich przyswajalności dla roślin uprawnych. Wiadomo, że zależy to znowu od rodzaju zwierząt i sposobu żywienia, od rodzaju ściółki, a głównie od sposobu przygotowania i przechowania obornika. Tu różnice mogą być bardzo duże, gdyż mogą się wahać od 1,2 kg czystego składnika NPK w 100 kg obornika (świeży obornik świński) do 1,9 kg NPK (obornik bydlęcy przechowywany pod bydłem 3—5 miesięcy), a mogą być jeszcze pogłębione przez straty przy przechowywaniu, które zwłaszcza dla azotu mogą być bardzo duże. A więc nie wiemy również jaką konkretnie wartość nawozową przedstawia obornik w poszczególnych gospodarstwach. Przyjmuje się pewne umowne, orientacyjne liczby np. 1,08 kg NPK w 100 kg obornika, tak jak to szacuje GUS.

3. Skomplikowany jest również problem ujęcia samego nawożenia. Przyjmowane są zwykle dwie alternatywy: uznaje się tzw. działanie wtórne obornika i obciąża się roślinę, pod którą nawożono, odpowiednią częścią (40—60%) nawożenia, a resztą obciąża się następne rośliny w odpowiednim procencie, w zależności od miejsca w płodozmianie, albo

¹ Część pierwsza zamieszczona była w numerze poprzednim.

nawożenie traktuje się jako nawożenie gleby i obciąża proporcjonalnie wszystkie rośliny niezależnie od tego, w którym roku po oborniku przychodzą.

Niewątpliwie nawożenie organiczne jest częściowo nawożeniem poszczególnych roślin a częściowo nawożeniem gleby, to znaczy nagromadzeniem w glebie substancji organicznej i składników mineralnych, które są wykorzystywane przez rośliny, pod które obornik nie jest stosowany bezpośrednio. Ażeby jednak takie wtórne działanie mogło mieć miejsce niezbędne jest chyba pewne kwantum obornika. Przy niewielkiej jego ilości nawożenie wtórne będzie miało bardzo ograniczony zasięg i może np. w znikomej tylko części lub wcale nie mieć wpływu na plon rośliny, której efektywność nawożenia badamy.

W badaniach ogólnie statystycznych przyjmuje się zwykle z konieczności tę drugą metodę, tzn. nawożenie gleby. A więc znowu przyjmując za podstawę oceny efektywności np. plony zbóż, przypisujemy im jakąś przeciętną ilość kg NPK wynikającą z podziału ilości q obornika przez powierzchnię gruntów ornych, nie wiedząc w ogóle, jaka rzeczywiście ilość została przez rośliny pobrana.

4. Rola nawozowa obornika i nawozów mineralnych jest różna. Obornik wnosi do gleby nie tylko czyste składniki nawozowe NPK, ale i materię organiczną, mikroflorę i mikrofaunę, wpływa więc i na stosunki wodno-powietrzne, na strukturę gleby, jest więc swoistą melioracją gleby. Stąd w tradycyjnej literaturze obornik uważany jest za nawóz podstawowy, zaś nawozy mineralne za nawozy pomocnicze. Gdy jednak ilość NPK, którą wnosimy do gleby w nawozach mineralnych, kilkakrotnie przekracza ilość składników nawozowych zawartych w przyorany oborniku, powstaje pytanie, które nawożenie jest głównym, a które pomocniczym.

Fakt wyższej, niż wynikałoby to z proporcji czystego składnika NPK, wartości nawozowej obornika od nawozów mineralnych przyjmowany jest jako bezsporny, co wyraża się między innymi w odrzuceniu przy kalkulacjach wartości obornika oceny według zawartości w nim NPK.

O trudnościach tych wspominamy dlatego tylko, by podkreślić jak wiele rzeczy umownych mamy przy badaniach nad efektywnością nawożenia. Nie próbujemy ich tu wcale rozwiązać, ale przytaczane już uprzednio liczby i inne wyliczenia mogą tu rzucić nieco światła.

Dla badań efektywności nawożenia łącznego, trzeba przyjąć jakąś zawartość kg NPK w oborniku. Zależnie od tego czy przyjmimy wyższą, czy niższą zawartość NPK, uzyskamy różną ocenę efektywności. Przyjmowanie niższej zawartości, zwłaszcza przy dużym udziale nawożenia obornikiem w całości nawożenia, da nam oczywiście wyższe przyrosty plonu na 1 kg NPK.

Z przytoczonych uprzednio danych wynikałoby, że nawożenie obornikowe, prawie we wszystkich przypadkach daje znacznie wyższe przyrosty plonu i produkcji niż nawożenie mineralne. Ponieważ współczynniki regresji nawożenia mineralnego i obornikiem obliczane były z tych samych równań regresji, można je z sobą dowolnie porównywać.

1 sztuka obornikowa na 100 ha gruntów ornych odpowiada 1 q obornika na 1 ha gruntów ornych. Zobaczymy więc ile kg NPK w nawozach mineralnych może zastąpić 1 q obornika. Za podstawę przyjmujemy

przyrost plonu zbóż i przyrosty wartości produkcji roślinnej w trzech grupach gospodarstw według różnych klas bonitacyjnych (tabela 1)¹.

Tabela 1

Współczynnik zamiany nawożenia organicznego (obornikiem) na nawożenie mineralne

Grupa	1 q obornika = kg NPK w nawożeniu mineralnym			
	przy plonach zbóż		przy wartości produkcji roślinnej	
	a	b	a	b
I do 2,8	3,3	2,3	3,5	2,4
II 2,8 — 3,8	2,2	2,2	4,4	1,5
III pow. 3,8	1,3	1,3	2,8	2,2

a — obliczone z równań regresji z trzema zmiennymi objaśniającymi — nawożenie obornikiem, fundusz płac, nawożenie mineralne.

b — obliczone z równań regresji z dwoma zmiennymi objaśniającymi — nawożenie obornikiem i nawożenie mineralne.

Wartość współczynnika zamiany nawożenia organicznego na mineralne kształtuje się różnie w przyjętych tu grupach gospodarstw. W przypadku plonu zbóż wartość współczynnika spada w miarę przesuwania się od gleb słabszych do mocniejszych. Podobnie jest zresztą i przy wartości produkcji roślinnej z tym jednak, że grupa środkowa — przejściowa między słabymi a mocnymi glebami — zachowuje się nieregularnie, co wynika ze znaczniejszej w tej grupie niż w innych interkorelacji. Wielkość współczynnika zamiany zależy również i od ilości zmiennych w równaniach regresji, jednakowoż tendencja pozostaje ta sama.

Tendencja ta tłumaczy się faktem, że na glebach słabszych na plony oddziałuje nie tylko zawarty w oborniku czysty składnik NPK, ale również i poprawa struktury gleby związana z nawożeniem organicznym. Na glebach mocniejszych, zasobniejszych w materię organiczną, to niejako „melioracyjne” znaczenie obornika odgrywa mniejszą rolę.

Obornik a nawożenie mineralne — granice efektywności

To jest jedna strona porównania między nawożeniem obornikiem a nawożeniem mineralnym — wyższa efektywność NPK w nawożeniu obornikowym niż w mineralnym. Jest jednak i druga strona. Możliwości zwiększenia nawożenia obornikiem są dosyć ograniczone. Ograniczona jest bowiem ilość zwierząt jakie na jednostce powierzchni można wyżywić, zwłaszcza że trzeba zwykle zarezerwować odpowiedni udział powierzchni roślin dających jako produkt uboczny ściółkę, jak i ograniczone możliwości nawożenia ze względu na to, że nie można dowolnie rozszerzać powierzchni roślin, które „idą” na oborniku, chyba że z upra-

¹ Podziału gospodarstw na grupy dokonano na podstawie wskaźnika bonitacji gleby: grupa I obejmuje gospodarstwa na glebach o wskaźniku bonitacji do 2,8; grupa II — 2,8 do 3,8 i grupa III powyżej 3,8. Wskaźnik bonitacji dla klasy VI = 1, V = 2, IV = 3, III = 4, II = 5, I = 6.

wp. autor
wy polowej przejdziemy na ogrodową. Zwykle jednak w gospodarstwie rolnym nie posuwamy się dalej niż nawożenie pól co trzeci rok. Tego typu ograniczeń nie ma w przypadku nawozów mineralnych, które produkowane są poza gospodarstwem rolnym i mogą być stosowane w zasadzie pod wszystkie rośliny uprawne.

Ważniejsze są jednak ograniczenia o charakterze ekonomicznym, a związane z efektywnością stosowania nawozów.

Dotychczas rozpatrywaliśmy współczynniki regresji liniowej między badanymi czynnikami produkcji a przyrostem plonów i produkcji. Przy badaniu funkcji produkcji względem wielu czynników przyjęcie hipotezy o związku krzywoliniowym wymagałoby nader skomplikowanych metod obliczeniowych, zbyt żmudnych dla powszechnie dostępnej mechanizacji obliczeń. Jeżeli jednak współzależność miałaby charakter związku krzywoliniowego, wtedy obliczone uprzednio współczynniki regresji wyrażałyby **przeciętny** przyrost plonu (produkcji na jednostkę przyrostu danej zmiennej niezależnej na badanym obszarze zmienności). Dla bezpośrednich potrzeb i na krótką metę, szczególnie jeśli nie chcemy stosować tych współczynników dla wartości bardzo odległych od średnich, są one zupełnie wystarczające. Jeśli jednak idzie nam o istotę badanego zjawiska takie traktowanie jest niewystarczające.

Pogrupowanie danych empirycznych w proste szeregi wielodzielne wskazuje, że stosunki między przyrostem nawożenia a przyrostem plonu i produkcji mają raczej charakter pewnych krzywych. Jeśli przyjąć hipotezę, że są to krzywe o charakterze paraboli drugiego stopnia, wtedy ich przebieg określa równanie: $Y = a + bX - cX^2$. Równanie to stanowi więc niejako pewien model mniej lub bardziej trafny — kształtowania się badanego zjawiska.

Dla obliczenia równań regresji korzystaliśmy z materiału uporządkowanego w szeregi wielodzielne. Możliwe są tu dwa sposoby postępowania: grupowanie według z góry przyjętych klas rozpiętości zmiennej niezależnej, lub też dzielenie uporządkowanej zbiorowości na klasy o równej ilości gospodarstw. Obydwie metody dawały zbliżone bardzo wartości współczynników. Przyjęliśmy więc zasadę dzielenia zbiorowości na 7—8 grup i równej ilości gospodarstw (6—8 w grupie).

Na poziom plonów oddziałuje nie tylko badana zmienna niezależna, ale i inne, których wpływ trudno wyeliminować. Wpływ jakości gleby został w zasadzie wyeliminowany przez stworzenie trzech zbiorowości różniących się jakością gleby.

Trudniej jest z eliminacją wpływu jednego rodzaju nawożenia, gdy chcemy uchwycić regresję plonu względem drugiego rodzaju nawożenia. Przyjęliśmy więc zasadę pewnego wyrównywania materiału pod względem cechy, której wpływ chcielibyśmy wyeliminować. Nie można jednak było posunąć się zbyt daleko, ażeby nie ograniczyć zbyttno liczebności gospodarstwa. Tak więc przy badaniu wpływu obornika na plony pozostawiliśmy tylko gospodarstwa o rozpiętości nawożenia mineralnego wynoszącej 60—100 kg NPK. Odrzucaliśmy gospodarstwa ekstremalne o bardzo wysokim i bardzo niskim nawożeniu mineralnym. Przy badaniu zaś efektywności nawożenia mineralnego uwzględnialiśmy gospodarstwa o rozpiętości obsady wynoszącej 25 sztuk obornikowych. Również i tu odrzucaliśmy gospodarstwa krańcowe.

Zdajemy sobie sprawę, że w ten sposób nie udało się całkowicie oczyścić materiału — obliczone współczynniki regresji mają więc mimo wszystko charakter współczynników „brutto”. Ważne więc są tu nie tyle konkretne wartości, ile charakter obserwowanych tendencji.

Dla nawożenia organicznego (mierzonego obsadą sztuk obornikowych na 100 ha gruntów ornych względnie, co na jedno wychodzi, ilością q obornika na 1 ha gruntów ornych) i plonów zbóż uzyskujemy następujące równania:

$$\begin{array}{lll} \text{I} & \text{do 2,8} & Y = -5,118 + 0,9232 X - 0,00928 X^2 \\ \text{II} & 2,8-3,8 & Y = -1,545 + 0,6665 X - 0,00632 X^2 \\ \text{III} & \text{pow. 3,8} & Y = -0,737 + 0,8321 X - 0,00774 X^2 \end{array}$$

Na podstawie tych równań można obliczyć plon w q z ha jaki teoretycznie rzecz biorąc powinniśmy uzyskać przy każdym poziomie nawożenia.

Krańcowe przyrosty plonu dla poszczególnych poziomów nawożenia określa pierwsza pochodna tych równań, która wynosi dla poszczególnych grup gospodarstw:

$$\begin{array}{ll} \text{I} & Y' = 0,9232 - 0,01856 X \\ \text{II} & Y' = 0,6665 - 0,01264 X \\ \text{III} & Y' = 0,8321 - 0,01548 X \end{array}$$

Wraz ze wzrostem nawożenia zmniejsza się więc efektywność każdej kolejnej dawki nawożenia. Wielkość tego obniżenia przyrostu plonu określa druga pochodna Y'' , która jest równa parametrowi c pomnożonemu przez potęgę przy X , w naszym wypadku przez 2.

Pochodna drugiego rzędu dla poszczególnych grup gospodarstw wyrażona w kg plonu wynosi:

$$\begin{array}{ll} \text{I} & Y'' = 1,86 \\ \text{II} & Y'' = 1,26 \\ \text{III} & Y'' = 1,55 \end{array}$$

Oznacza to, że przyrost plonu zbóż wywołany przez każdą następną sztukę obornikową będzie mniejszy niż przy sztuce poprzedniej, w grupie pierwszej o 1,86 kg, w drugiej 1,26 kg, w trzeciej 1,55 kg.

Można więc powiedzieć, że efektywność nawożenia obornikiem jest wysoka, ale ma niską skalę zmienności, wkrótce osiąga swój kres.

Na podstawie równań regresji łatwo obliczyć teoretyczną granicę przyrostu plonów, to znaczy nawożenia, przy którym osiągnięte będzie maksimum plonu. Wystarczy podzielić wartość parametrów b przez wartość drugiej pochodnej.

W grupie I (do 2,8) maksymalny plon osiągnięty zostaje przy obsadzie 50,5 szt. obornikowych na 100 ha gruntów ornych, w grupie II (2,8—3,8) maksimum przy 52,7 szt. obornikowych, a w grupie III (o najlepszych glebach) przy 53,8 szt. obornikowych na 100 ha gruntów ornych.

Z uwagi na to, że mimo wszystko nie udało się przecież w pełni wyeliminować wpływu innych niż nawożenie obornikowe czynników, bezpieczniej będzie przyjąć, że maksymalny plon osiąga się przy obsadzie 50—60 sztuk obornikowych na 100 ha gruntów ornych. Podnoszenie obsady powyżej tej granicy nie rokuje już poważniejszego przyrostu plonów zbóż.

Tabela 2

Plony zbóż i produkcja roślinna w jednostkach zbożowych oraz efektywność nawożenia przy różnej wysokości nawożenia obornikiem w q na 1 ha gruntów ornych

Liczba gospodarstw	Obornik q/ha gruntów ornych	Nawozy mineralne kg NPK/ha uż. roln.	Wskaźnik bonitacji	Plon 4 zbóż q/ha	Na 1 q obornika przypada plonu zbóż kg	Przyrost kg plonu na 1 kg dodatkowego nawożenia	Produkcja roślinna q j. zb./1 ha uż. roln.	Na 1 q obornika przypada jedn. zbóż kg	Przyrost kg j. zb. produkcji roślinnej na 1 q dodatkowego nawożenia
Nawożenie z lat 1958/59 i 1959/60, plony z lat 1959/60 i 1960/61									
20	37	68	1,8	15,3	41,3	—	18,7	50,5	—
10	48	77	2,2	22,8	47,5	69,1	26,8	55,7	73,5
10	60	100	2,0	22,9	38,2	0,8	27,1	45,1	2,5
Nawożenie z roku 1959/60, plon z roku 1960/61									
20	37	71	1,8	15,6	47,1	—	20,7	55,9	—
10	48	84	2,2	21,7	45,1	55,4	28,7	59,8	72,6
10	63	101	2,0	23,3	37,0	10,7	31,1	49,4	16,0

Źródło: E. Jelenski, Z. Kaprzyk. Porównanie wyników działalności produkcyjno-finansowej 40 PGR w okresie 3-letnia 1958/59—1960/61. Instytut Ekonomiki Rolnej — Studia i Materiały, zeszyt 31.

Mniej więcej na podobnym poziomie przebiegała ta granica w badanych przez nas (przy pomocy znacznie prostszych metod) zbiorowości PGR w 1956 roku¹.

Na podobną granicę wskazywałyoby również grupowanie dokonane na zbiorowości 40 PGR z całego kraju (tabela 2). Przy danych dwuletnich plony roślin i produkcja globalna (w jednostkach zbożowych) osiągają swoje maksimum w pobliżu obsady 60 sztuk obornikowych na 100 ha gruntów ornych. Na tym poziomie przyrosty produkcji i plonów zbliżają się do zera. Grupowanie na podstawie wyników z jednego tylko roku wskazywały na możliwość przyrostu plonów i produkcji również na poziomie 60 q obornika na 1 ha gruntów ornych, ale — jak widać z tabeli — związane to było ze znacznym wzrostem nawożenia mineralnego.

Istnienie tego rodzaju prawidłowości zostało stwierdzone i na innym masowym materiale PGR z woj. poznańskiego i bydgoskiego. Wyłosośwanie gospodarstwa zostały dość ściśle wyrównane pod względem bonitacji gleby (są to w zasadzie gospodarstwa na IV klasie gleboznawczej) i w miarę możliwości pod względem poziomu nawożenia mineralnego (odrzucone zostały gospodarstwa o wysokim i o bardzo niskim zużyciu NPK)².

Tabela 3

Równania regresji plonu zbóż względem nawożenia obornikiem oraz pochodne pierwszego i drugiego rzędu na podstawie danych z 34 PGR bydgoskich i 64 poznańskich (wszystkie parametry w q plonu)

Grupa gospodarstw	$Y =$	$Y' =$	$Y'' =$
Bydgoskich	$-3,959 + 0,8273 X - 0,00726 X^2$	$0,8273 - 0,01452 X$	$0,01452$
Poznańskich	$-11,424 + 1,0386 X - 0,00846 X^2$	$1,0386 - 0,01692 X$	$0,01692$

Parametry tych równań i wartości obydwu pochodnych nie odbiegają zbytnio od odpowiednich danych z PGR opolskich. Wyliczone z tych równań teoretyczne maksimum osiąga się w PGR bydgoskim przy 57,8 szt. obornikowych na 100 ha gruntów ornych, a w PGR poznańskich przy 61,4 sztuk.

Podkreślam jeszcze raz, że wyliczenia te nie pretendują do ścisłości, orientacyjna granica jest jednak we wszystkich tych bardzo różnych zbiorowościach PGR podobna, a mianowicie 50—60 sztuk obornikowych na 100 ha gruntów ornych³.

¹ T. Rychlik: Rentowność i intensywność PGR. PWRiL, Warszawa 1959 r.

² Dane pochodzą z reprezentacji 102 PGR w woj. poznańskim i 105 PGR w woj. bydgoskim wyłosowanej w powszechnej ankiecie PGR za rok 1959/60 opracowywanej przez GUS. Po wyrównaniu materiału pod względem jakości gleby i poziomu nawożenia mineralnego pozostało w zbiorowości bydgoskiej 36 PGR, a w poznańskiej 64 PGR.

³ Na podstawie przytoczonych tu równań można by dojść do wniosku, że szczególnie wysoki przyrost plonów na dodatkową sztukę obornika powinien by nastąpić przy bardzo niskiej obsadzie. W rzeczywistości tak nie jest. Jak wynikałoby to z cytowanych już badań (Rentowność i intensywność PGR) ilość sztuk obornikowych musi osiągnąć pewne kwantum, ażeby móc oddziaływać na plony. Ta wielkość „progowa” wynosi prawdopodobnie około 20 szt. obornikowych na 100 ha gruntów ornych. Ponieważ jednak gospodarstw z tak niską obsadą jest bardzo mało, trudno jest tę granicę dokładnie ustalić. Zresztą nie posiada ona zbyt wielkiego znaczenia praktycznego.

Obliczyliśmy również dla badanej przez nas reprezentacji PGR opolskich regresję wartości produkcji roślinnej (w naszym ujęciu to znaczy bez zużytych nasion i sadzeniaków oraz wartości produkcji roślin pastewnych) względem nawożenia obornikiem według tych samych zasad jak poprzednio (tabela 4).

Tabela 4

Równania regresji plonu zbóż względem nawożenia obornikiem oraz pochodne pierwszego i drugiego rzędu dla trzech grup PGR opolskich (wszystkie parametry w q plonu)

Grupa	Y =	Y' =	Y'' =
I	$-35,188 + 2,7585 X - 0,02089 X^2$	$2,7585 - 0,04178 X$	$0,04178$
II	$12,580 + 1,0073 X - 0,00455 X^2$	$1,0073 - 0,00910 X$	$0,00910$
III	$-44,751 + 4,1459 X - 0,03896 X^2$	$4,1459 - 0,07792 X$	$0,07792$

Wyniki te nie są już tak zwarte i jednoznaczne jak przytoczone poprzednio. Przede wszystkim grupa II wyróżnia się niskim przyrostem związanym ze wzrostem obsady i bardzo odległą granicą efektywności nawożenia wynoszącą 111,6 szt. obornikowych na 100 ha gruntów ornych. Grupa ta zachowuje się odmiennie od grupy I i II we wszystkich badanych tu przypadkach, szczególnie zaś przy nawożeniu mineralnym.

Odmienne zachowanie się tej grupy związane jest z dość istotną dodatnią korelacją między nawożeniem obornikiem a mineralnym ($r = 0,450$) oraz z występowaniem w jej składzie kilkunastu gospodarstw o dość wysokim nawożeniu obornikiem i mineralnym a niskich plonach i małych wartościach produkcji. Nie znane są przyczyny takiego właśnie ukształtowania się wyników — czy to przypadki losowe, czy wina złego kierownictwa — powodują jednak mniejszą lub większą deformację wszystkich krzywych regresji w tej grupie środkowej.

Granica efektywności przyrostu nawożenia obornikiem w grupie I (bonitacja do 2,8) przebiega na poziomie 66,1 sztuk obornikowych na 100 ha gruntów ornych, w grupie III na poziomie 53 sztuk. Trudno tu jest o prawidłową interpretację tych wyników z uwagi na to, że produkcja roślinna ujęta jest wartościowo (a nie przy użyciu miar ilościowych). Na wartość zaś produkcji wpływa struktura produkcji, jej jakość (np. czy to materiał konsumpcyjny, czy reprodukcyjny), sposób realizacji itp. czynniki, których nie można wyeliminować, a których układ nie zawsze jest logicznie związany z poziomem nawożenia obornikiem.

Ogólnie można więc przyjąć na podstawie reprezentowanego tu różnorodnego materiału statystycznego, że efektywność przyrostu nawożenia obornikiem spada, niknie w warunkach PGR przy obsadzie zbliżonej do około 60 sztuk obornikowych na 100 ha gruntów ornych.

Czy jednak można taki wynik uzasadnić logicznie i agrotechnicznie, czy nie jest on efektem tylko przypadkowego układu w badanym materiale statystycznym. Wydaje się, że wynik ten jest logiczny. 50—60 sztuk obornikowych stwarza możliwości wynawożenia co roku około $\frac{1}{4}$ gruntów ornych gospodarstwa przy dawce 200—240 q obornika na 1 nawożony hektar.

W praktyce stosowane są bardziej zróżnicowane dawki, stosowany jest bowiem tzw. pół obornik — około 150 q na 1 ha — i pełne nawożenia na poziomie 240—300, nawet 350 q obornika, zależnie od rodzaju nawożonej rośliny i zasobności gospodarstwa w obornik.

Zwykle w PGR nie stosuje się częstszego nawożenia niż co 3—5 lat. Również i ilość okopowych nie przekracza poziomu 20% — wyjątkowo 25% powierzchni zasianej i zasadzonej. Powierzchnia okopowych przy tych możliwościach nawozowych zależy już nie tyle od ilości dodatkowego obornika, ile od innych czynników związanych głównie z zapotrzebowaniem na robociznę, siłę pociagową i transport.

W podobny sposób jak dla nawożenia obornikiem obliczone zostały równania krzywych dla nawożenia mineralnego. Parametry tych równań, wartości pierwszej oraz drugiej pochodnej zestawione zostały w poniższej tabeli.

Tabela 5

Równania regresji plonów zbóż względem nawożenia mineralnego oraz pochodne pierwszej i drugiego rzędu (wszystkie parametry w q plonu) w trzech grupach PGR opolskich

Grupa	$Y =$	$Y' =$	$Y'' =$
I	$7,514 + 0,20596 X - 0,00102 X^2$	$0,20596 - 0,00204 X$	$0,00204$
II	$13,350 + 0,08231 X - 0,000258 X^2$	$0,0757 - 0,000516 X$	$0,000515$
III	$1,902 + 0,3734 X - 0,00171 X^2$	$0,3734 - 0,00342 X$	$0,00342$

Jak widać z tabeli 5, przyrost plonu na każdą następną dawkę nawożenia mineralnego ma również charakter malejący. Spadek przyrostu plonu na każdy następny kg zużytego NPK wynosi w grupach skrajnych 0,2—0,34 kg plonu zbóż, a w grupie środkowej 0,05 kg plonu zbóż przy ogólnie niskiej efektywności nawożenia w tej grupie.

Maksymalne plony osiąga się przy nawożeniu 100—110 kg NPK (w grupie środkowej 159 kg NPK).

Jeśli by pominąć grupę środkową (której odmienne zachowanie się już wyjaśnialiśmy), to granica efektywności nawożenia mineralnego przebiega dosyć nisko — 100—110 kg NPK na 1 ha użytków rolnych przy intensywnym rolnictwie europejskim to wcale nie jest dużo (przejętnie wyższe zużycie posiadały w 1960/61 r. Norwegia, NRD, NRF, Dania, Holandia, Belgia).

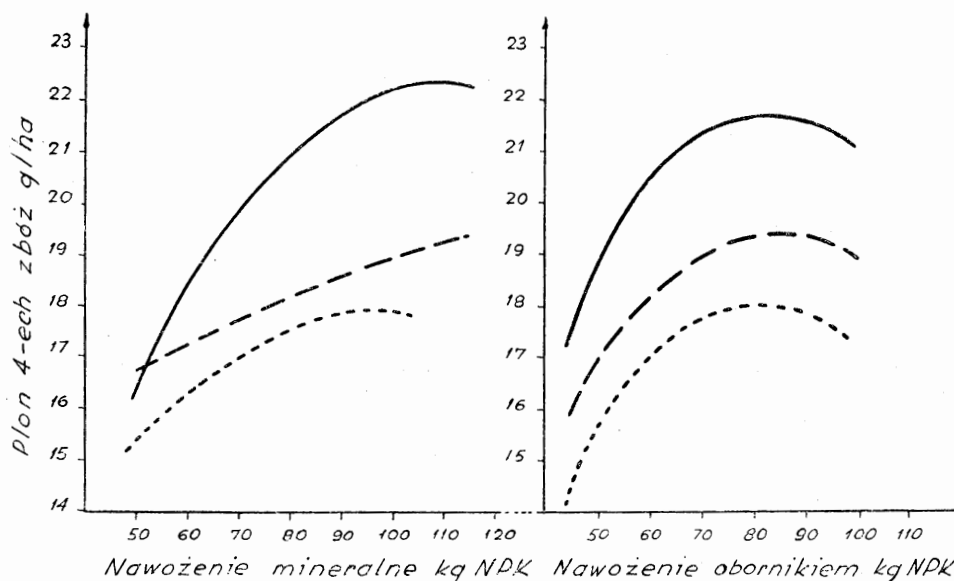
Przyczyny mogą być różne. Istnieją w samej metodzie rachunku. Zwracaliśmy już przecież uwagę, że wzrost zużycia nawozów mineralnych w gospodarstwie nie musi oznaczać takiego samego wzrostu nawożenia zbóż — dodatkowe nawożenie kieruje się bowiem w większej mierze na pozostałe rośliny, w tym rośliny pastewne — a my obliczamy stosunek między zużyciem nawozów w gospodarstwie a plonami zbóż¹.

¹ Tego typu zastrzeżenia nie dotyczą nawożenia obornikiem, gdzie z natury rzeczy komentujemy tylko efektywność, tzw. nawożenia wtórnego. Błąd tutaj może być natomiast spowodowany faktem, że ilość aktualna sztuk obornikowych w warunkach dynamicznego wzrostu pogłowia nie świadczy jeszcze o poziomie wtórnego nawożenia. Dopiero po jakimś czasie — dwa trzy lata, zwiększone nawożenie obornikiem powinno się odbić na plonach zbóż. Ponieważ jednak wzrost ilości pogłowia dotyczy w zasadzie wszystkich PGR, błąd z tego tytułu powinien być nieznaczny.

Są jednak i przyczyny merytoryczne. Wysokie dawki nawozów mineralnych mogą być efektywne jedynie w warunkach wysokiej kultury rolnej. Poziom nawożenia nie może zbyt wyprzedzać i pozostałych czynników wzrostu plonów — głównie idzie tu o jakość materiału siewnego i jakość uprawy. W tej dziedzinie zmienia się w ostatnich latach w PGR wiele na lepsze. Te zmiany muszą być jednak bardzo szybkie, gdyż w PGR zakłada się z roku na rok wysoki wzrost nawożenia mineralnego.

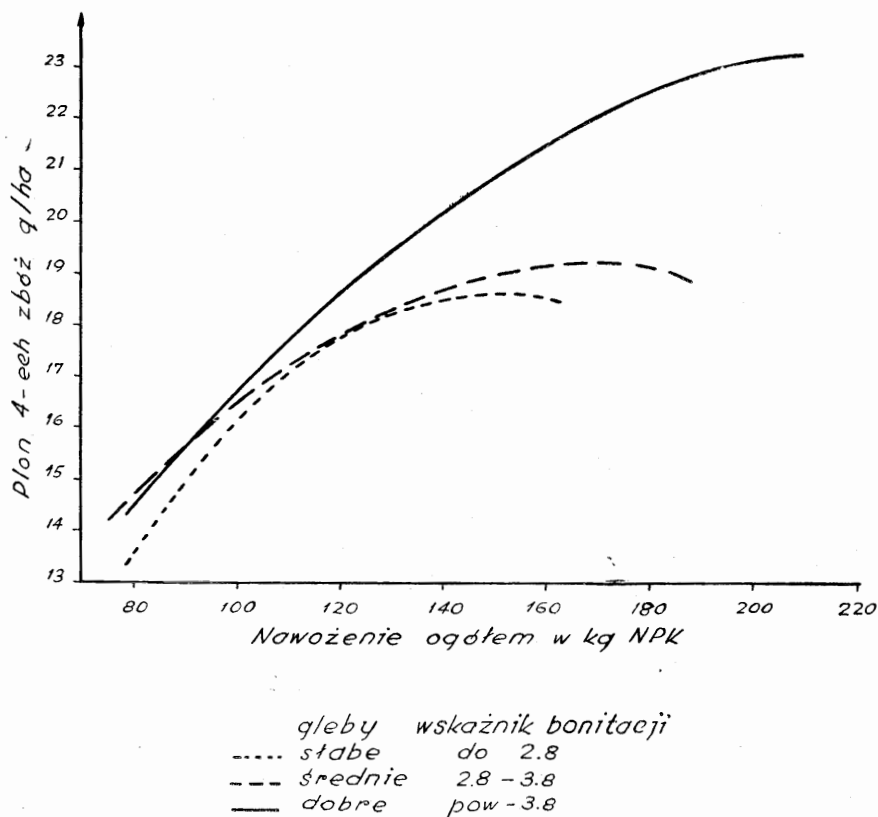
Jeśli za kryterium oceny skuteczności nawożenia przyjąć wartość produkcji roślinnej (bez roślin pastewnych), to maksimum efektywnego nawożenia przypadnie na poziomie 125—185 kg NPK, a więc wyżej niż przy plonach zbóż².

Dla zilustrowania różnic w kształtowaniu plonu przez nawożenie obornikowe i nawożenie mineralne przytaczamy na wykresach krzywe regresji plonu zbóż w stosunku do obu rodzajów nawożenia, przy czym jedną sztukę obornikową na 100 ha gruntów ornych (= 1 q obornika na 1 ha gruntów ornych) przyrównujemy do 1,5 kg NPK czystego składnika, przez co uzyskujemy znacznie bardziej łagodny przebieg krzywych niż przy założeniu 1 q obornika = 1,1 kg NPK. Mimo wszystko jednak posiadają one zawsze bardziej stromy przebieg niż krzywa nawożenia mineralnego i granica ich skutecznego zastosowania przebiega znacznie wcześniej.



Wykres 1. Wyrównane plony zbóż przy różnym poziomie nawożenia mineralnego i obornikiem w gospodarstwach na różnych glebach

² Krzywa produkcji roślinnej, nawet jeśli ją wyrazimy w q plonu przeliczeniowego, nie jest krzywą plonu. Gdyby na całym obszarze zmienności nawożenia utrzymywała się ta sama struktura zasiewów, krzywa produkcji byłaby syntetyczną krzywą plonów wszystkich roślin. Zwykle jednak zmiana poziomu nawożenia idzie w parze ze zmianą struktury obsiewów, a wiadomo, że każda roślina ma nieco inny zakres reagowania na zmianę warunków uprawy i nawożenia.



Wykres 2. Wyrównane plony zbóż przy różnym nawożeniu całkowitym w gospodarstwach na różnych glebach

W przytoczonych tu równaniach regresji i opartych na nich wyliczeniach zakładaliśmy milcząco, że na plony działa tylko jeden rodzaj nawożenia — organiczne lub mineralne. Jednak plon kształtowany był przez pewną sumę nawożenia plus odpowiednie środowisko gleby (wytworzone między innymi przez nawożenie obornikiem i inne czynniki, których w ogóle nie sposób było uwzględnić). Powoduje to, że przytoczonych tu liczb i proporcji nie można brać dosłownie, że ilustrują one jedynie pewne tendencje i tylko dla tych ilustracyjnych celów dla rozpoznania tendencji są one użyteczne. Ponieważ przytoczone tu przyrosty plonów miały charakter przyrostów „brutto”, stąd też i ich poziom jest inny niż wskazywałyby liniowe współczynniki regresji wielorakiej.

Przytaczamy więc równania krzywych regresji plonu zbóż względem sumy nawożenia obornikiem i mineralnego. Przyjęto, że 1 q obornika zawiera 1,1 kg NPK. Z dotychczasowych rozważań wynikałoby, że jest to raczej pesymistyczna ocena siły nawozowej obornika, zwłaszcza że obsada PGR w sztukach obornikowych jest dosyć niska. Taki współczynnik przyjęty został dla utrzymania porównywalności z innymi opracowaniami.

Tabela 6

Równania regresji plonu zbóż względem sumy nawożenia organicznego i mineralnego oraz pochodne pierwszego i drugiego rzędu (wszystkie parametry w g plonu) w trzech grupach PGR opolskich

Grupa	$Y =$	$Y' =$	$Y'' =$
I	$-4,36 + 0,3062 X - 0,001016 X^2$	$0,3062 - 0,002032 X$	$0,002032$
II	$3,7704 + 0,17815 X - 0,000515 X^2$	$0,17815 - 0,00103 X$	$0,001030$
III	$2,560 + 0,17930 X - 0,000384 X^2$	$0,1793 - 0,000767 X$	$0,000767$

Zależność plonu od poziomu całkowitego nawożenia posiada również kształt krzywej paraboli drugiego stopnia. Efektywność poszczególnych dawek nawożenia jest tu nieco inna niż wynikałoby to z podsumowania odpowiednich poziomów przy nawożeniu obornikiem i nawożeniu mineralnym. Świadczy to, że mimo wszystko, nie udało się nam poprzednio wyeliminować całkowicie wpływu jednego nawożenia na plon przy badaniu efektywności nawożenia innego. Poza tym przy układaniu tych równań uwzględnione zostały wszystkie w zasadzie gospodarstwa, a więc i te o najniższym i najwyższym nakładzie jednego rodzaju nawozu, które poprzednio trzeba było wyeliminować. I wreszcie wpływ całkowitego nawożenia nie musi być zwykłą sumą wpływu przeciętnych dawek nawozu mineralnego i obornika, możliwe są bowiem różne kombinacje ilościowych proporcji jednego i drugiego nawożenia w dawce nawożenia całkowitego.

Porównanie efektywności różnych rodzajów nawożenia umożliwia tabela 7, zawierająca obliczone na podstawie przytoczonych już równań teoretyczne plony i efektywność nawożenia.

Należy tu zwrócić uwagę na jeszcze jedną okoliczność. Teoretyczne maksimum plonu uzyskuje się w grupie I przy zużyciu 151 kg NPK, w II grupie zaś przy 173 kg, a w grupie III przy 234 kg NPK całkowitego nawożenia. W grupie I odpowiada to mniej więcej sumie maksimum dla nawożenia mineralnego i obornikiem (100+55), a w grupie II suma maksimum dla nawożenia mineralnego i obornikiem jest znacznie wyższa niż maksimum nawożenia całkowitego i wreszcie w grupie III maksimum dla nawożenia całkowitego wypada znacznie wyżej niż suma obydwu maksimów cząstkowych (110+60). Świadczy to chyba, że w grupie I obydwa maksima cząstkowe zostały przy zastosowanych metodach uchwycone w zasadzie poprawnie, w grupie II natomiast zostały ujęte przesadnie (dotyczy to z pewnością głównie maksimum dla nawożenia mineralnego, gdyż przy jego obliczeniu wyrównanie materiału następczo o szczególne trudności) i wreszcie w grupie III maksima cząstkowe obliczone zostały zbyt nisko — dotyczy to przypuszczalnie głównie nawożenia mineralnego (przyczyna — konieczność eliminacji przy obliczaniu efektywności nawożenia mineralnego dość dużej grupy gospodarstw posiadających wysokie plony i dosyć wysoki poziom zużycia nawożenia mineralnego ze względu na bardzo wysoką obsadę sztuk obornikowych). Wynika z tego, że zastosowane metody wyrównywania materiału posiadały wiele braków i obliczone równania regresji jak i ma-

Tabela 7

Wyrównana efektywność nawożenia w gospodarstwach zgrupowanych według bonitacji gleby — teoretyczne plony zbóż i przyrosty plonów przy różnym poziomie nawożenia

Miara nawożenia	Plony zbóż w q/ha			Na 1 q obornika przypada kg zbóż			Krańcowe przyrosty w kg zbóż na 1 q obornika		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III

Nawożenie obornikiem

Sztuk obornikowych

30	14,27	15,85	17,26	47,57	52,83	57,53	36,91	28,73	36,77
35	15,89	17,13	18,91	45,40	48,84	54,03	27,72	22,41	29,03
40	17,04	18,03	20,16	48,60	45,08	50,40	18,46	16,09	21,29
45	17,74	18,74	21,03	49,42	41,64	46,73	9,27	9,77	13,55
50	17,97	18,87	21,52	35,94	38,14	43,04	0,40	3,45	5,81

Nawożenie mineralne

kg NPK

50	15,26	16,60		30,52	33,20		10,40	6,65	
60	16,20	17,14	18,15	27,00	28,57	30,25	18,36	5,40	16,82
70	16,93	17,63	19,66	84,19	15,19	28,09	6,32	4,62	13,40
80	17,46	18,06	20,83	21,83	22,58	26,04	4,28	4,10	9,98
90	17,79	18,45	21,66	19,77	20,50	24,07	2,24	3,59	5,56
100	17,91	18,78	22,14	17,91	18,78	22,14	1,96	3,07	3,14
110		19,06	22,29					2,55	0,00

Nawożenie całkowite

kg NPK

80	13,64	14,73	14,45	17,05	18,41	18,06	14,36	9,58	11,79
100	16,10	16,43	16,65	16,10	16,43	16,65	10,30	7,52	10,26
120	17,75	17,73	18,55	14,79	14,77	15,46	6,23	5,46	8,73
140	18,59	18,62	20,13	13,28	13,30	14,38	2,17	3,40	7,12
160	18,62	19,09	21,42	11,64	11,93	13,39		1,34	5,66
180		19,15	22,39		10,64	12,44			4,12
200			23,06			11,51			2,59

ksima cząstkowe posiadają — jak to wiele razy podkreślaliśmy — charakter orientacyjny.

Wyjaśnienia wymaga zresztą i inny jeszcze problem (którego tu nie rozważamy), tj. efektywność nawożenia mineralnego przy różnych poziomach nawożenia obornikiem.

Jakość gleby a efektywność nawożenia

Problem wydajności nawożenia w zależności od jakości gleby poruszany był przez różnych autorów zajmujących się efektywnością nawożenia. Z. Grochowski stwierdza, że w miarę przechodzenia od gleb słab-

szych do lepszych wzrasta efektywność nawożenia¹. A. Brzoza stwierdza: „można więc mówić o wyższej efektywności dodatkowego nawożenia w warunkach słabszych gleb i niższego poziomu nawożenia”². J. Czystkowska-Dąbrowska na materiałach spółdzielni produkcyjnych wykazuje wzrastającą efektywność nawożenia mierzoną poziomem plonu w jednostkach zbożowych i brak wyraźnych różnic efektywności mierzonej plonem zbóż w miarę przechodzenia od gleb słabszych do lepszych³.

Uprawnowcy zaś stwierdzają, że gleby bardziej zasobne w przyswajalne składniki pokarmowe, czyli gleby żyzniejsze słabiej wykorzystują nawozy niż gleby słabsze. Szczególnie zaś interesujące wyniki badań przytaczają autorzy niemieccy, według których taka sama obsada 100 sztuk dużych na 100 ha gruntów ornych daje przyrost produkcji roślinnej na glebach słabych 7000 Kcal, na średnich 6000 Kcal, a na glebach dobrych 4200 Kcal⁴.

Można więc na podstawie tego pobieżnego przeglądu stwierdzić brak jednolitej i ugruntowanej opinii w sprawie efektywności nawożenia w różnych warunkach glebowych.

Zbyt małe liczebnie są i te zbiorowości, którymi operujemy, dane dotyczą tylko jednego rejonu, aby można podjąć próbę definitywnej odpowiedzi na to zagadnienie. Nasuwają się jednak przy tym pewne uwagi.

Tabela 8

Przeciętna efektywność nawożenia w różnych warunkach glebowych mierzona plonem zbóż i plonem przeliczeniowym⁵ na jednostkę nawożenia

Grupa	Ilość sztuk obornikowych	Nawożenie obornikiem w NPK kg	Razem kg NPK	Na 1 szt. obornikową		Na 1 kg NPK nawozów mineralnych		Na 1 kg NPK nawożenia całkowitego	
				kg zbóż	kg prod. roślin.	kg zbóż	plon przel.	kg zbóż	plon przel.
I	38,0	71,2	113,0	43,3	38,6	13,1	20,6	14,6	13,0
II	41,1	77,0	122,3	42,8	42,8	22,8	22,8	14,3	14,3
III	45,4	86,0	135,9	44,7	50,1	23,6	25,5	14,9	16,8

¹ Z. Grochowski. Intensywność i opłacalność rolniczych spółdzielni produkcyjnych. PWRiL, Warszawa 1962.

² A. Brzoza. Wpływ jakości gleby i nawożenia na plony. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej nr 4/1962.

³ J. Czystkowska-Dąbrowska. Wpływ jakości gleby na produkcję i dochody w spółdzielniach produkcyjnych. PWRiL, Warszawa 1961.

⁴ Cytuję za K. Bentlewską. Z badań nad wpływem obszaru i jakości gleby na dochodowość gospodarstw. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej nr 5/1960.

⁵ Faktycznie to nie jest plon przeliczeniowy, lecz sprowadzenie wartości produkcji roślinnej do poziomu plonu zbóż przez podzielenie przez 263, gdyż taka przeciętnie w skali całej zbiorowości wartość produkcji roślinnej z 1 ha przypadała na 1 q plonu zbóż.

Przyrost plonu i produkcji spowodowany przez wzrost jakości gleby ma — jak wynika z badań — charakter krzywoliniowy, tu zaś operujemy bardzo zaokrągloną przeciętną przyrostu.

Wydaje się, że odpowiedzi wymaga pierwsze pytanie — co to jest efektywność nawożenia, względnie czym ją mierzymy. Jeśli efektywność nawożenia mierzyć ilością kg plonu zbóż, plonu przeliczeniowego, czy wartością produkcji roślinnej przypadającą **przeciętnie** na 1 kg NPK zastosowanych nawozów, wtedy z reguły należy się liczyć z rosnącą efektywnością w miarę polepszania się jakości gleby. Świadczą o tym wyniki materiałów Grochowskiego i Czystkowskiej-Dąbrowskiej (taką właśnie przeciętną efektywnością operują ci autorzy). To samo wynikałoby i z przytoczonych w niniejszym opracowaniu materiałów (tabela 8).

Różnice w przeciętnej efektywności mierzonej plonem zbóż pomiędzy grupą pierwszą a drugą są w tych trzech wariantach nawożenia (obornikiem, mineralne i całkowite) bardzo nieznaczne na korzyść gleb najslabszych, lecz znacznie wyższą efektywnością cechują się gleby najlepsze. Jeśli zaś efektywność nawożenia wyrazimy plonem przeliczeniowym, różnice między poszczególnymi grupami są wręcz jaskrawe. Im lepsza gleba, tym zdecydowanie wyższa efektywność. Trzeba tu również mieć na względzie, że im lepsze gleby, tym większa intensywność nawożenia, a stwierdziliśmy już uprzednio, że im wyższe nawożenie, tym mniejsze przyrosty plonu (i zresztą przeciętna efektywność). Wpływ jakości gleby na efektywność nawożenia jest tak duży, że całkowicie zakrywa prawidłowość wynikającą ze wzrostu nawożenia.

Wynik taki jest całkowicie logiczny i zgodny z naszym odczuciem. Każda bowiem uprawna gleba posiada pewne minimum składników pokarmowych i jest w stanie wydać pewien plon nawet bez jakiegokolwiek nawożenia. Wiadomo przy tym, że to minimum w przypadku gleb najslabszych jest niskie i że jego rola w kształtowaniu plonu jest nieznaczna, zaś na glebach dobrych i najlepszych to minimum jest już wielkością wcale poważną. Im wyższa klasa gleby, tym więcej doliczamy plonu wynikającego z naturalnej żyzności gleby do plonu „wytworzonego” przez nawożenie. W tych więc warunkach przeciętna efektywność nawożenia w miarę polepszania się jakości gleby będzie wzrastać.

Można to zresztą sprawdzić. Jeśli założyć, że współzależność między plonami a jakością gleby ma charakter liniowy, to z innych obliczeń dokonanych na tej zbiorowości wynikało, że wzrost jakości gleby o 1 klasę powoduje wzrost plonu zbóż o około 1 q plonu przeliczeniowego.

Tabela 9

Przeciętna „skorygowana” efektywność nawożenia

Grupa	Na poziomie grupy I		Na 1 szt. obornikową		Na 1 kg NPK nawożenia mineralnego		Na 1 kg NPK nawożenia całkowitego	
	plon zbóż	plon przel.	plon zbóż	plon przel.	plon zbóż	plon przel.	plon zbóż	plon przel.
I	16,5	14,7	43,3	38,6	23,1	20,6	14,6	13,0
II	16,6	15,6	40,4	38,0	21,5	20,2	13,6	12,8
III	18,3	18,7	40,2	41,2	21,2	21,7	13,4	13,8

Różnice w jakości gleby między poszczególnymi grupami wynoszą właśnie około 1 klasy bonitacyjnej, a więc plon zbóż w klasie drugiej obniżamy o 1 q, a w klasie trzeciej o 2 q. W ten sposób różnice w plonach między poszczególnymi grupami będą — teoretycznie rzecz biorąc — spowodowane innymi niż jakość gleby czynnikami — zakładamy, że różnicą w nawożeniu. Obliczona obecnie **przeciętna skorygowana efektywność** jest wyższa w grupie pierwszej (gleby najsłabsze) niż w grupach drugiej i trzeciej. Efektywność nawożenia w grupie drugiej i trzeciej jest prawie jednakowa. Gdy idzie o plon przeliczeniowy efektywność skorygowana jest w grupie III nadal wyższa niż w I i II. Wynika to z faktu przyjęcia przeciętnego przyrostu produkcji przy polepszeniu gleby o jedną klasę. W klasach wyższych niż 4 klasa, przyrost ten wynosi 700—800 zł na 1 ha, czyli dochodzi do 3 q plonu przeliczeniowego.

Efektywność nawożenia na poszczególnych klasach gleb należałoby chyba jednak mierzyć przyrostem plonu spowodowanym przez przyrost nawożenia. Jeśli przyjąć założenie o liniowej zależności między plonem a nawożeniem, wtedy różnice w efektywności nawożenia na poszczególnych klasach gleb wystąpią jako różnice w wartości współczynników regresji. Jak wynika z komentowanej już tabeli, w zasadzie w miarę wzrostu jakości gleby maleje efektywność dodatkowego nawożenia. Różnice są szczególnie duże między grupą I (gleby najsłabsze) a grupą II (gleby średnie). Między grupą drugą a trzecią różnice są drobne.

I to są rzeczy znane. Na lekkich, przepuszczalnych, łatwych do uprawy glebach najważniejszym czynnikiem podniesienia żyzności jest nawożenie, szczególnie zaś obornikiem. Na żyznych ciężkich, zasobnych w próchnicę glebach, niezwykle istotnym czynnikiem podnoszenia plonów obok nawożenia jest uprawa gleby. Nawożenie ma tu mniej lub bardziej charakter uzupełnienia składników pokarmowych gleby i nie decyduje tak jak na glebach słabych o biochemicznych właściwościach gleby.

Czy więc rzeczywiście dodatkowe nawożenie należy kierować głównie na gleby słabe i najsłabsze, gdyż na tych glebach efektywność nawożenia jest najwyższa?

Ażeby na to pytanie odpowiedzieć, a zarazem spojrzeć od jeszcze innej strony na zależność efektywności nawożenia od jakości gleby, należy zwrócić uwagę na krzywoliniową regresję plonów względem nawożenia.

Odpowiednie równania i oparte na nich wyliczenia zostały już podane. Teraz chciałbym tylko zwrócić uwagę na ostatnie trzy kolumny tabeli 7, w których zawarte są dane o krańcowych przyrostach plonu na jednostkę nawożenia. Otóż różnice między poszczególnymi grupami gospodarstw nie utrzymują się na tym samym poziomie na całym obszarze zmienności. Początkowo, przy niskich dawkach nawozów, znacznie wyższą efektywnością cechują się gleby słabsze. W miarę wzrostu nawożenia różnice te maleją, aż wreszcie przy nawożeniu intensywnym efektywność gleb lepszych staje się wyższa. Na glebach lepszych wyżej położona jest granica przyrostu plonów w miarę wzrastającego nawożenia, gleby te mogą więc przyjąć i spożytkować większą dawkę nawozów.

Odnosi się to nie tylko do poszczególnych roślin, ale również do produkcji roślinnej jako całości. Na glebach lepszych uprawia się bowiem rośliny, które mają większą zdolność przetwarzania większych dawek nawozów (pszenica, buraki cukrowe).

Można by więc powiedzieć, że przeciętny przyrost produkcji (plonów) wraz ze wzrastającym nawożeniem jest wyższy na glebach słabych. Im jednak wyższy ogólny poziom zużycia nawozów, tym bardziej zarysowuje się przewaga gleb zasobniejszych w efektywności dodatkowych dawek nawozu.

Wniosek praktyczny — przy niskim ogólnie poziomie stosowania nawozów, najlepsze efekty (przyrost plonu na jednostkę przyrostu nawozu) rokuja gleby słabe, z tym że decydującą rolę odgrywa tu przyrost nawożenia organicznego (a więc i nawożenie mineralne powinno być wykorzystane w kierunku wzrostu nawożenia organicznego). Przy wysokim poziomie zużycia nawozów dodatkowe dawki należy stosować na glebach mocnych z zapewnieniem oczywiście odpowiednich warunków środowiska glebowego (problem uprawy).

* *

*

Wyciągnijmy na zakończenie wnioski z przytoczonego tu materiału i rozważań.

Przyrost produkcji i plonów w miarę przyrostu dawek nawożenia posiada charakter krzywej, w przypadku badanych tu materiałów krzywej malejącej. Charakterowi współzależności odpowiada tu w pewnym przybliżeniu krzywa wykreślona przez parabolę drugiego stopnia. Odpowiada tylko w przybliżeniu, gdyż zgodnie z charakterem tej krzywej po osiągnięciu maksimum, które stanowi punkt na krzywej (najwyższa produkcja, przyrost produkcji równy zeru), następuje od razu spadek produkcji przy zwiększaniu dawek nawozu, podczas gdy w rzeczywistości maksimum jest wyznaczone przez stosunkowo długi odcinek, na którym przyrosty produkcji zbliżają się do zera i wahają się wokół zera. W praktyce gospodarczej, pomijając jakieś grubsze błędy w stosowaniu nawozów, rzadko spotykamy się ze zjawiskiem ujemnych przyrostów w miarę wzrostu nawożenia.

Krzywe nawozowe mają mniej lub bardziej stromy przebieg. Bardzo stromy przebieg mają krzywe efektywności obornika wyznaczone przez plon zbóż. W przybliżeniu przy obsadzie około 50—60 sztuk obornika na 100 ha gruntów ornych przyrosty plonów zbóż spowodowane samym działaniem obornika zbliżają się ku zeru. Oczywiście dalsze zwiększenie ilości sztuk obornikowych umożliwi rozszerzenie uprawy roślin okopowych i nawożenie użytków zielonych, może mieć więc wpływ na przyrost całej produkcji roślinnej.

Krzywa efektywności nawożenia mineralnego wyznaczona na podstawie przytoczonych w tym opracowaniu materiałów osiągała maksimum na poziomie około 100—120 kg NPK na 1 ha użytków rolnych. Może to częściowo być maksimum pozorne wynikające z faktu, że wzrost zużycia nawozów, szczególnie przy większej intensywności zużycia, spowodowany jest przez wzrost powierzchni nawożonej, a nie zwiększanie nawożenia roślin zbożowych.

Maksimum dla nawożenia łącznego (nawożenie obornikiem i mineralne) waha się w granicach 155—234 kg NPK.

Wyższą efektywność przeciętną dodatkowych dawek nawozów, szczególnie organicznych, zapewniają gleby słabsze. Gleby mocniejsze są natomiast bardziej „chłonne” na nawożenie i zapewniają wyższe niż gleby słabsze przyrosty plonów przy wysokich dawkach nawożenia. Przeciętna efektywność nawożenia (ilość kg zbóż przypadająca na 1 kg NPK zużytego nawożenia) jest wyższa na glebach żyzniejszych.

W dotychczasowych badaniach metodami statystycznymi i na podstawie materiałów z gospodarstw produkcyjnych uzyskuje się różną ocenę wpływu nawożenia na plony roślin uprawnych. Różnice są bardzo duże, gdyż wahają się od około 3 kg przyrostu plonu zbóż na przyrost nawożenia całkowitego o 1 kg NPK (w badaniach A. Brzozy) do 8—9 kg plonu zbóż (w badaniach Z. Grochowskiego). Jeśli pominąć czysto teoretyczne przyczyny zróżnicowania (ilość branych do badań zmiennych objaśniających, wielkość dyspersji zmiennych objaśniających itp.), to pozostałe przyczyny sprowadzałyby się do kilku:

1. Dobór materiału wyjściowego. Jeśli wyciągamy wnioski na podstawie przeciętnych, masowych gospodarstw, efektywność nawożenia będzie niższa, niż w zbiorowościach gospodarstw lepszych niż przeciętne. Ponieważ w miarę upowszechniania stosowania nawozów mineralnych umiejętność ich zastosowania będzie wzrastać, prawdopodobnie będzie stosowany i lepszy materiał siewny, należy się w przyszłości liczyć z wyższą efektywnością niż uzyskiwana obecnie w gospodarstwach przeciętnych.

2. Wysokość nawożenia. Ponieważ zdolność plonów do zużycia nawozów ma charakter krzywoliniowy (krzywa malejąca), zbiorowość złożona z gospodarstw o wysokim poziomie nawożenia wykaże się niższym przyrostem plonu na jednostkę nawożenia niż zbiorowość o niskim ogólnie poziomie nawożenia.

3. Stosunek między zużyciem nawozów na jednostkę powierzchni gospodarstwa a nawożeniem roślin służących za miernik efektywności. Stosunek ten w różnych zbiorowościach gospodarstw może być inny i niestety nie jest znany. Należy się liczyć ze spłaszczeniem tego stosunku — szczególnie gdy idzie o rośliny zbożowe — w miarę zwiększania się ogólnego zużycia nawozów. Powodowałoby to dodatkowo zmniejszanie wyliczonej efektywności gospodarstw o dużej intensywności zużycia nawozów.

4. Od stosunku wzajemnego nawozów organicznych i mineralnych w dawce nawożenia całkowitego, z uwagi na różną efektywność i różny kształt krzywej efektywności obydwu rodzajów nawożenia. Przy niskim zużyciu nawozów i niskiej obsadzie sztuk obornikowych zwiększanie obsady sztuk obornikowych spowoduje stosunkowo wysoką ocenę efektywności całkowitej dawki nawozowej. Przy wysokiej obsadzie zwierząt dalsze zwiększanie obsady (wzrost udziału obornika w całkowitej dawce) spowoduje stosunkowo niższą ocenę efektywności przyrostu całkowitej dawki. Może to dotyczyć zwłaszcza gospodarstw chłopskich, posiadających dużą ilość sztuk nawozowych na jednostkę powierzchni. Przy planowaniu bezpieczniej więc będzie w przypadku zbiorowości posiadających wysoką obsadę zwierząt (około 60 sztuk obornikowych na 100 ha gruntów ornych)

planować przyrost plonów tylko w stosunku do zwiększania zużycia nawozów mineralnych.

5. Są oczywiście i inne przyczyny, jak stosunek wzajemny NPK, poprawność szacunku ilości sztuk obornikowych, rodzaj i sposób przechowywania obornika itp. Sprawy te jednak znalazły się poza obrębem naszych badań.

ТАДЕУШ РЫХЛИК
Институт Экономики Сельского Хозяйства
В а р ш а в а

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЯХ — ЧАСТЬ II¹

Содержание

Автор занимается проблематикой сравнения эффективности внесения минеральных и органических удобрений в зависимости от качества почвы. Как правило, по мере роста плодородия почвы снижается эффективность внесения добавочных доз удобрений, особенно органических, в связи с чем изменяется коэффициент заменяемости одного вида удобрений другим. И так например на почвах неплодородных 1 ц навоза обеспечивает такую же прибавку урожайности зерновых как 2,3 кг действующего начала NPK минеральных удобрений, на плодородных же почвах как 1,3 кг NPK минеральных удобрений. На основе различных данных из госхозов автор считает, что увеличение плотности животных более чем 50—60 переводных голов скота на 100 га пашни как правило не влияет на уровень урожайности и стоимость растениеводческой продукции.

Изображение кривой эффективности внесения удобрений зависит от качества почвы. На худших почвах она имеет более крутой вид чем на почвах лучших. При пониженной интенсивности внесения удобрений эффективность удобрений на худших почвах выше, при высокой интенсивности внесения удобрений эффективность удобрений выше на лучших почвах.

TADEUSZ RYCHLIK
Institute of Agricultural Economics
W a r s a w

EFFECTIVENESS OF DRESSING UNDER VARIOUS SOIL CONDITIONS PART II²

Summary

The author deals with the problems of comparing the effectiveness of fertilizing and that of manuring under various soil conditions. Generally, as one passes from poorer to better soils the effectiveness of addi-

¹ Часть первая публиковалась в предыдущем номере.

² Part I was inserted in the preceeding volume.

tional dressing doses, especially those of manuring, diminishes; thereupon changes the coefficient of substitution of one kind of dressing by another one. Thus e. g. on poorer soils 1 quintal of manure assures the increment in grain crops equal to that obtainable as result of the utilization of 2.5 kilograms of pure ingredients NPK¹, and on the best soils similar to that of 1.3 kg of NPK when using mineral fertilizer. On the basis of various materials from the state farms the author comes to the conclusion that the increase of manure units (i. e. manure giving animals) above 50—60 heads per 100 hectares of arable land has no influence on the yield and value of crops.

The shape of dressing curve depends on soil quality. For poor soils the curve in question is steeper than that for better soils. At low dressing intensity the effectiveness of dressing is higher on poor soils whereas at great dressing intensity the effectiveness of dressing is higher on better soils.

¹ Nitrogen, phosphorus, kalium.